

The response of hemorheological factors to intense physical exercise at different times of the day

Iman Fathi ^{1*}, Sajad Ahmadizad ², Minoo Basami ³

Receive 2022 November 27; Accepted 2023 March 10

Abstract

Aim: The purpose of this study was to investigate the effect of exercise at different times of day on hemorheological variables. **Methods:** For this reason, fifteen healthy male subjects (Mean±SD: age, 24.7±2.3 years, weight, 65.2±7.3 kg, height, 171.1±10.2 cm) participated in the present study voluntarily. All subjects performed an aerobic exercise protocol on a cycle ergometer at intervals of 3 days and at four different times of day (08:00, 12:00, 16:00 and, 20:00). In each session, subjects performed the cycling protocol for 30 minutes at an intensity corresponding to 90% of HRmax after warming up. Heart rate and rate of perceived exertion were recorded during 30 minutes of exercise. In each trial, two venous blood samples (10 ml) were taken before and immediately after exercise. Blood samples were analyzed for hemorheological variables (blood viscosity, plasma viscosity, hematocrit, fibrinogen, albumin and, total protein). **Results:** statistical analysis of data revealed no significant effect of time of day on responses of blood viscosity (P=0.056), plasma viscosity at a shear rate of 12 (P=0.070), hematocrit (P=0.152), fibrinogen (P=0.078), erythrocyte sedimentation rate (P=0.461), heart rate (P=0.838) and mean arterial blood pressure (P=0.581). However, time of day significantly affected responses of plasma viscosity (P=0.045, shear rate of 60), total protein (P=0.014), and body temperature (P=0.035) to endurance exercise. **Conclusions:** According to the findings of the present study, it could be concluded that except for plasma viscosity at the high shear rate, responses of hemorheological variables to exhaustive endurance exercise are not related to the time of day that exercise is performed. Therefore, it seems that healthy people can probably exercise at different times of the day without worrying about their blood status.

Keywords: Fibrinogen, Chronobiology Phenomena, Hematocrit, Cardiovascular Diseases



Scan this QR code to see the accompanying video, or visit jahssp.azaruniv.ac.ir

¹. Assistant Professor, Department of Sport Sciences, Faculty of Literature and Humanities, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran.

* Corresponding Author:
Email: imanfathi@gmail.com

². Professor, Faculty of Sport Sciences and Health, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

³. Associate Professor, Faculty of Physical Education and Sport Sciences, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran.

Cite as: Fathi, Iman. Ahmadizad, Sajad. Basami, Minoo. The response of hemorheological factors to intense exercise at different times of the day. *Applied Health Studies in Sport Physiology*. 2023; 10(1): 154-168.

Owner and Publisher: Azarbaijan Shahid Madani University

Journal ISSN (online): 2676-6507

Access Type: Open Access

DOI: 10.22049/JAHSSP.2023.28114.1520

DOR:



Extended abstract

Background

Epidemiological studies have shown that increases in blood rheological variables are associated with cardiovascular risk factors. Elevations in blood rheological factors have been attributed to physiochemical and metabolic factors (haemoconcentration, plasma protein pattern, and lipid status) and are associated with many other physiological (diet and exercise) or pathological (diseases) situations. The acute and chronic effects of endurance exercise on haemorheological variables have been studied and reviewed. The flow properties of blood have been shown to be altered in athletes and trained individuals. It has been reported that athletes have a lower plasma viscosity than sedentary individuals. The blood of such individuals is more fluid than sedentary persons and this rheological advantage is believed to be responsible for better oxygen delivery in athletes.

On the other hand, various psychological and physiological functions have been shown to undergo changes relative to the time of the solar day. These variations are known as circadian or diurnal rhythms. In some context, it has been well documented that maximal short-term performances fluctuate with time of day, with morning nadirs and afternoon maximum values. These diurnal or circadian variations in high-intensity short-duration exercises (e.g., muscle power, muscle strength, sprint) have been found to range from 3 to 21.2%, depending on the population tested, the muscle groups, and the experimental design.

However, the literature regarding circadian or time-of-day effects on aerobic exercise (e.g., maximal oxygen consumption [VO₂max], maximal aerobic velocity, time to exhaustion) yields inconclusive results. Therefore, in the current research, the characteristics of blood flow to a progressive aerobic cycling session to exhaustion have been investigated four times: morning (08:00), noon (12:00), evening (16:00), and night (20:00).

Methods: Subjects were 15 healthy male non-smokers who were free of medication. The Ethics Committee in Biomedical Research of Shahid Beheshti University initially approved the experimental procedures and study protocols, which were fully explained to all subjects, and a written consent form was signed after having read and understood the details of the experiments.

To control for the possible effect of diet and physical activity, morning trials took place after an overnight fast, and subjects were asked to have minimal activity from the time of waking to the beginning of the test (45-min before exercise). For the noon, evening, and night trials, subjects were asked not to consume any food or caffeine 6 hours before testing and were only allowed to drink water. Although all subjects were recreationally trained subjects, one familiarisation session was designed. During this familiarization session, subjects were habituated to the experimental protocols and laboratory environment.

All subjects (Mean±SD: age, 24.7±2.3 years, weight, 65.2±7.3 kg, height, 171.1±10.2 cm) performed four bouts of running at 90% of HR_{max} for 30 min on an ergometer cycle in the morning (08:00 h) noon (12:00), evening (16:00) and, evening (20:00 h). The four exercise trials were performed on separate days with 3 days intervening. In each session, after taking a blood sample, the subjects first rode an ergometer cycle for 5 minutes with a resistance of about 40 watts. After warming up and performing stretching exercises, the subject rode on an ergometer cycle with an intensity equivalent to 90% of the maximum heart rate (approximately equivalent to 75-80% of the maximum oxygen consumption) for 30 minutes.

Haemorheological variables (Blood and plasma viscosity, Haematocrit, Erythrocyte Sedimentation Rate (ESR), Haemoglobin, Total protein, and RBC count), Mean arterial blood pressure, Body temperature, and Fibrinogen level was measured before, immediately after exercise. Statistical analysis of the data was done using SPSS software, and all data were first tested using the Kolmogorov-Smirnov test to determine normality. Repeated two-way analysis of variance (4x2) was used to compare the variables during four times (08:00, 12:00, 16:00, and 20:00). If the differences were significant, Banferoni's post hoc test was used to determine the location of the difference. The significance level in this research was considered as P<0.05.

Results:

Statistical analysis of data revealed no significant effect of time of day on responses of blood viscosity ($P=0.056$), plasma viscosity at a shear rate of 12 ($P=0.070$), hematocrit ($P=0.152$), fibrinogen ($P=0.078$), erythrocyte sedimentation rate ($P=0.461$), heart rate ($P=0.838$) and mean arterial blood pressure ($P=0.581$). However, time of day significantly affected responses of plasma viscosity ($P=0.045$, shear rate of 60), total protein ($P=0.014$), and body temperature ($P=0.035$) to endurance exercise.

In addition, statistical analysis showed that a bout of exhaustive exercise led to a significant increase in the blood viscosity at a shear rate of 12 and 60, the plasma viscosity at a shear rate of 12 and 60, the hematocrit, the number of red blood cells, the total protein, the body temperature, and a significant decrease in the ESR.

Conclusion

In general, the results of this research showed that most hemorheological variables such as blood viscosity, plasma viscosity, hematocrit, fibrinogen, total protein, and red blood cell sedimentation rate increase in non-athletes regardless of the time of day in response to acute endurance training. In addition, factors such as plasma viscosity shear rate of 60, total protein, and body temperature showed significant changes at some times of the day, both at rest and in response to exercise. Therefore, it seems that healthy people can probably exercise at different times of the day without worrying about their blood status.

مطالعات کاربردی تندرستی در فیزیولوژی ورزش

سال دهم، شماره اول؛

بهار و تابستان ۱۴۰۲؛ صفحات ۱۵۴-۱۶۸

Open Access

مقاله پژوهشی

پاسخ عوامل همورئولوژیکی به یک وهله فعالیت ورزشی شدید در زمان های مختلف روز

ایمان فتحی^{۱*}، سجاد احمدی زاد^۲، مینو باسامی^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۰۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۱۹

چکیده

هدف: هدف از این مطالعه بررسی تأثیر فعالیت ورزشی در زمان های مختلف روز بر متغیرهای همورئولوژیکی بود. **روش شناسی:** به همین منظور، ۱۵ مرد سالم (میانگین \pm انحراف معیار: سن، ۲۴،۷ \pm ۲،۳ سال، وزن، ۶۵،۲ \pm ۷،۳ کیلوگرم، قد، ۱۷۱،۱ \pm ۱۰،۲ سانتی متر) به طور داوطلبانه در تحقیق حاضر شرکت کردند. همه آزمودنی ها در چهار ساعت مختلف روز (۰۸:۰۰، ۱۲:۰۰، ۱۶:۰۰، ۲۰:۰۰) و به فاصله ۳ روز یک پروتکل تمرین هوازی را بر روی چرخ کارسنج انجام دادند. در هر جلسه، آزمودنی ها پس از گرم کردن، پروتکل دوچرخه سواری را به مدت ۳۰ دقیقه با شدتی معادل ۹۰ درصد HRmax انجام دادند. ضربان قلب و میزان درک فشار در طول ۳۰ دقیقه تمرین ثبت شد. در هر کارآزمایی، دو نمونه خون وریدی (۱۰ml) قبل و بلافاصله بعد از ورزش گرفته شد. نمونه های خون برای متغیرهای همورئولوژیکی (ویسکوزیته خون، ویسکوزیته پلاسما، هماتوکریت، فیبرینوژن، آلبومین و پروتئین تام) مورد بررسی قرار گرفتند. **یافته ها:** نتایج نشان داد که زمان روز بر پاسخ ویسکوزیته خون ($P=0/056$)، ویسکوزیته پلاسما در گرادیان سرعت ۱۲ ($P=0/070$)، هماتوکریت ($P=0/152$)، فیبرینوژن ($P=0/078$)، میزان رسوب گلبول قرمز ($P=0/461$) ضربان قلب ($P=0/838$) و میانگین فشار خون شریانی ($P=0/581$) اثر معنی داری نداشت. با این حال، زمان روز بر پاسخ ویسکوزیته پلاسما ($P=0/045$)، گرادیان سرعت ($P=0/014$)، پروتئین تام ($P=0/035$) و دمای بدن ($P=0/035$) به تمرین استقامتی تأثیر معنی داری گذاشت. **نتیجه گیری:** با توجه به یافته های تحقیق حاضر می توان نتیجه گرفت که به جزء ویسکوزیته پلاسما در گرادیان بالا، پاسخ متغیرهای همورئولوژیکی به یک جلسه فعالیت استقامتی وامانده ساز ارتباطی با زمان انجام فعالیت ورزشی ندارد. بنابراین به نظر می رسد افراد سالم احتمالاً می توانند بدون نگرانی از وضعیت خونی خود در زمان های مختلف روز به فعالیت ورزشی بپردازند.

واژه های کلیدی: فیبرینوژن، پدیده کرونوبیولوژی، هماتوکریت، بیماری های قلبی - عروقی فیبرینوژن، پدیده کرونوبیولوژی، هماتوکریت، بیماری های قلبی - عروقی

نحوه ارجاع: فتحی، ایمان. احمدی زاد، سجاد. باسامی، مینو. "پاسخ عوامل همورئولوژیکی به یک وهله فعالیت ورزشی شدید در زمان های مختلف روز". مطالعات کاربردی تندرستی در فیزیولوژی ورزش. ۱۴۰۲: ۱۰ (۱)، ۱۵۴-۱۶۸.

صاحب امتیاز و ناشر: دانشگاه شهید مدنی آذربایجان

شاپای الکترونیکی: ۶۵۰۷-۲۶۷۶

نوع دسترسی: آزاد

DOI: 10.22049/JAHSSP.2023.28114.1520

DOR: 20.1001.



با اسکن QR فوق می توانید جزئیات مقاله حاضر را در سایت www.jahssp.azaruniv.ac.ir/ مشاهده کنید

۱. استادیار فیزیولوژی ورزشی، گروه علوم ورزشی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان، رفسنجان- ایران (نویسنده مسئول): imanfathi@gmail.com
۲. استاد فیزیولوژی ورزشی، دانشکده علوم ورزشی و تندرستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
۳. دانشیار فیزیولوژی ورزشی، دانشکده تربیت بدنی و علوم ورزشی، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران.

مقدمه

نقشی تعیین کننده در ویژگی‌های جریان موضعی دارد که با افزایش گرادیان سرعت به طور تصاعدی کاهش می‌یابد. از طرفی، هماتوکریت و ویسکوزیته پلاسما بر ویسکوزیته خون تأثیر می‌گذارند. همچنین تجمع^{۱۰} گلبول‌های قرمز (RBC) در گرادیان سرعت پائین رخ می‌دهد و ویسکوزیته خون را افزایش می‌دهد و به عوامل سلولی (مانند تجمع‌پذیری RBC، تغییر شکل پذیری^{۱۱}، مورفولوژی و ترکیب لایه گلیابو کالیکس^{۱۲}) و پلاسمایی (یک سیال نیوتنی - فیبرینوزن، سایر پروتئین‌های پلاسما و ماکرومولکول‌ها) (۱۱-۱۳) و همچنین توسط گرادیان نیرو^{۱۳} تعیین می‌شود (۱۴، ۱۵). از سویی دیگر، تحقیقات نشان می‌دهند که وضعیت رئولوژیکی خون می‌تواند تحت تأثیر عوامل مختلفی قرار گیرد. به عنوان مثال به خوبی مشخص شده است که استرس اکسایشی^۴ (ROS)، فرآیندهای التهابی، استرس مکانیکی، تغییرات اسمولاریته، سطوح اکسیژن، دما، اکسید نیتریک، و تغییرات متابولیکی و pH ممکن است وضعیت این پارامترهای میکرورئولوژیکی را بدتر کنند (۱۴، ۱۶، ۱۷). اختلال در تغییر شکل پذیری RBC و افزایش تجمع RBC باعث افزایش ویسکوزیته و بنابراین کاهش سیالیت خون، و در نتیجه اختلال در پرفیوژن بافتی و در ادامه افزایش مقاومت عروقی، و بدتر شدن در میکروسیر کولاسیون می‌شود (۱۷). لذا بررسی وضعیت پارامترهای میکرورئولوژیکی در شرایط مختلف نظیر فعالیت ورزشی و همچنین زمان‌های مختلف روز مهم به نظر می‌رسد. در همین رابطه مشخص است که ورزش و فعالیت بدنی معمول تأثیر مفیدی بر وضعیت رئولوژیکی دارد، اما به نوع، شدت و منظم بودن آن نیز بستگی دارد (۱۰، ۱۹-۲۱). احمدی زاد و همکاران (۲۰۱۶) به بررسی اثرات دو جلسه فعالیت تناوبی شدید مختلف با نسبت کار/ استراحت متفاوت اما مصرف انرژی یکسان بر عوامل اصلی تعیین کننده سیالیت خون پرداختند. در این تحقیق ۱۰ مرد دارای اضافه وزن دو پروتکل تناوبی شدید را در دو نوبت جداگانه با یک هفته مداخله انجام دادند. دو فعالیت شامل انجام: الف) ۶ تناوب ۲ دقیقه ای با $VO_{2max} \%$ ۸۵ و با ۲ دقیقه ریکاوری فعال در $VO_{2max} \%$ ۳۰ (نسبت ۱ به ۱) و ب) ۶ تناوب ۳۰ ثانیه ای با $VO_{2max} \%$ ۱۱۰ و با ۴ دقیقه ریکاوری فعال در $VO_{2max} \%$ ۴۰ (نسبت ۱ به ۱) بود. آنها مشاهده کردند که پروتکل تناوبی ۱ به ۱ منجر به کاهش بیشتر در تغییرات حجم پلاسما شد. علاوه بر این، افزایش در ویسکوزیته خون، ویسکوزیته پلاسما، هماتوکریت، تعداد گلبول‌های قرمز و میانگین فشار خون شریانی مشاهده شده به دنبال تناوبی ۱ به ۱ به طور قابل توجهی بیشتر از تناوبی ۱ به ۸ بود. در حالی که، تغییرات در غلظت

ریتیم‌های بیولوژیکی و به طور ویژه ریتیم‌های شبانه روزی از ویژگی‌های ذاتی سیستم‌های زنده هستند (۱). در انسان‌ها، دو خوشه کوچک صد هزار نورونی وجود دارد که هسته‌های فوق مغزی جفت شده^۱ هیپوتالاموس را تشکیل می‌دهند، و ضربان ساز اصلی و مسئول تولید و هماهنگی هزاران عملکرد ریتمیک پایین دست می‌باشند (۲). با این حال، فرض بر این است که ویژگی‌های ذاتی ساعت بیولوژیکی در دوره‌ای اجرا می‌شوند که معمولاً کمی متفاوت از ۲۴ ساعت است. برای نگه داشتن یک دوره دقیق ۲۴ ساعته و ماندن در هماهنگی با محیط زیست، ریتیم‌های شبانه روزی باید توسط سیگنال‌های خاصی به نام زیتگرها^۲ تحویل داده شوند که چرخه نور-تاریکی اصلی ترین آن است (۳). دو مدل از ورودی نوری ارائه شده است (۴): مدل پارامتری آسچوف^۳ که فرض می‌کند که نور و تاریکی - برخلاف حیوانات شبگرد - به ترتیب سرعت ریتیم‌های شبانه روزی را در گونه‌های روزانه مانند انسان افزایش و کاهش می‌دهند و مدل پیتندریگ^۴ که مدل غیرپارامتری را ارائه داد که فرض می‌کند انتقال از نور به تاریکی و برعکس باعث تغییرات مرحله‌ای و بنابراین ریتیم‌های شبانه روزی می‌شود. نور و تاریکی علاوه بر عملکرد زیتگر، ممکن است تأثیر مستقیمی بر ریتیم شبانه روزی نیز داشته باشند و همراه با سایر عوامل بیرونی مانند فعالیت بدنی، خواب یا تغذیه، ریتیم شبانه روزی درون‌زا را می‌پوشانند (۵). بر این اساس، ریتیم‌های آشکار روزانه از درون‌زا ناشی از ساعت بدن و برون‌زا ناشی از اجزای موثر پوششی^۵ تشکیل می‌شوند (۱). بر همین اساس عملکردهای مختلف روانی و فیزیولوژیکی نسبت به زمان روز خورشیدی دچار تغییراتی می‌شوند و بسیاری از متغیرهای فیزیولوژیکی مرتبط با عملکرد حرکتی درشت^۶ با توجه به ریتیم شبانه روزی^۷ تغییر می‌کنند (۶) و این تغییرات به عنوان ریتیم شبانه روزی یا روزانه^۸ شناخته می‌شوند (۷). به عنوان مثال، در بازیکنان فوتبالیست بزرگسال، مطالعات قبلی حاکی از آن است که اوج و میانگین توان در طول آزمون دوچرخه سواری مکرر (۸)، حداکثر انقباض اختیاری (۹)، انعطاف پذیری، قدرت گرفتن دست (۶)، مسافت کلی و سرعت هوازی بیشینه در طول تست یو-یو (۸) به طور کلی در انتهای بعد از ظهر در بهترین حالت بودند.

از سویی دیگر، ویژگی‌های خون و عوامل همورئولوژیک نقش اساسی در پرفیوژن بافتی دارند. در واقع خون یک سیال غیرنیوتنی است چرا که ویسکوزیته آن به گرادیان سرعت^۹ بستگی دارد (۱۰). ویسکوزیته خون

8. Circadian or diurnal rhythms
9. Shear rate
10. Aggregation
11. Deformability
12. Glyocalyx layer
13. Shearing forces
14. Reactive oxygen species

1. Paired suprachiasmatic nuclei
2. Zeitgebers
3. Aschoff
4. Pittendrigh
5. Masking effects components
6. Gross
7. Circadian rhythm



صورت تصادفی انجام دادند. این زمان‌ها به این دلیل انتخاب شدند که به طور کلی بیشتر افراد در چهارچوب این زمان‌ها به فعالیت می‌پردازند (۲۶). حداقل ۳ روز بین هر دو آزمون متوالی فاصله زمانی وجود داشت و آزمودنی‌ها حداقل ۲۴ ساعت قبل از آزمون هیچ فعالیت ورزشی نداشتند. همچنین آزمودنی‌ها در روز آزمون از ۶ ساعت قبل از آزمون غذا خورده و ۴ ساعت قبل از ورود به آزمایشگاه تنها آب مصرف می‌کردند و در دوره تحقیق از خواب طبیعی برخوردار بودند. از آزمودنی‌ها خواسته شد تا برای حضور در جلسه آزمون، از ۴۸ ساعت قبل از آزمون، از مصرف داروهای NSAID از قبیل: ایبوپروفن، استامینوفن و آسپرین و همینطور از مصرف الکل، کافئین یا نسکافه از ۲۴ ساعت قبل از آزمون خودداری نمایند. همچنین از مصرف مکمل‌های غذایی خودداری نمایند و الگوی غذایی متداول خود را حفظ کنند (در طول دوره تحقیق) تا بدین وسیله از تغییرات ناشی از تاثیرات غذایی تا حد امکان جلوگیری شود.

پروتکل تمرینی

در هر جلسه پس از گرفتن نمونه خونی، ابتدا آزمودنی‌ها به منظور گرم کردن با مقاومتی در حدود ۴۰ وات به مدت ۵ دقیقه بروی چرخ کارسج sports AGE (ساخت آلمان) رکاب زدند. پس از گرم کردن و انجام حرکات کششی، آزمودنی بر روی چرخ کارسج با شدتی معادل ۹۰ درصد حداکثر ضربان قلب (معادل تقریبی ۷۵ تا ۸۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی) به مدت ۳۰ دقیقه رکاب زدند. ضربان قلب و میزان درک فشار^{۱۶} (RPE) آزمودنی‌ها در طی ۳۰ دقیقه ثبت گردید. معیارهای کنترل شدت آزمون، ضربان قلب (۹۰ درصد ضربان پیشینه) در دامنه ± 5 ضربان هدف (کنترل با ساعت پولار) و همچنین میزان درک فشار (۱۰ امتیازی) بود و به این صورت که هر ۳ دقیقه یک بار ثبت می‌شد. همچنین پروتکل آزمون قبلاً به صورت پایلوت بررسی شده بود، به این صورت که آزمودنی‌ها طی ۳۰ دقیقه حتماً به واماندگی برسند.

در این تحقیق از هر آزمودنی هشت نمونه خونی (هر نمونه ۱۰ میلی لیتر) از ورید بازویی آنتی کوبیتال گرفته شد (قبل و بعد از هر وهله ورزش). آزمودنی‌ها قبل از آزمون ۲۰ دقیقه به صورت آرام و بی‌حرکت روی صندلی به حالت نشسته قرار می‌گرفتند (برای جلوگیری از تغییرات پوسچر) و بلافاصله یک نمونه خونی ۱۰ میلی لیتری از آنها گرفته می‌شد. ضربان قلب و فشار خون (دستگاه فشارسنج دیجیتالی هارتمن تنسووال^{۱۷} ساخت آلمان) و دمای بدن (از طریق گوش و با دستگاه دماسنج گوشی رادولف ریستر^{۱۸} ساخت آلمان) نیز قبل، حین و پس از فعالیت ورزشی اندازه‌گیری می‌شد.

فیبریونژن نه در پاسخ به هر دو کارآزمایی معنی‌دار بود و نه بین دو پروتکل تفاوت معنی‌داری داشت. با این حال، تغییرات در تمام متغیرها در طول تمرین گذرا بود و پس از ۳۰ دقیقه ریکآوری به سطح پایه بازگشت (۲۲).

همچنین اگرچه حوادث حاد قلبی-عروقی در سرتاسر شبانه روز رخ می‌دهد، یک الگوی شبانه روزی از وقوع بیشتر در صبح گزارش شده است (۲۳). مطالعات قبلی نشان داده اند که عوامل اصلی تعیین کننده رتولوژی خون از جمله هماتوکریت (۲۴)، ویسکوزیته خون کامل (۲۴)، فیبریونژن پلاسما (۲۵) و ویسکوزیته پلاسما تغییرات شبانه روزی را در بیماران یا افراد سالم نشان می‌دهند. اکثر مطالعات افزایش صبحگاهی این متغیرها را گزارش می‌کنند.

لذا با توجه به نوسانات فاکتورهای رتولوژیکی در طول شبانه روز و تاثیر فوق العاده این فاکتورها بر عوامل قلبی-عروقی و تحویل دهی اکسیژن به بافت‌ها و همچنین با توجه به اینکه طبق پیشینه برخی از حوادث قلبی عروقی نظیر سکته‌های قلبی و مغزی تابع زمان بوده و در صبح‌ها بیشتر مشاهده شده است، نتایج این تحقیق می‌تواند راهنمایی جهت تدوین برنامه‌های بازتوانی و ورزشی برای بیماران قلبی-عروقی، فشار خونی و تنگی عروقی باشد تا بدین سان در مناسب ترین زمان‌های روز به تمرین و فعالیت بدنی به منظور بازتوانی و کسب سلامت بدنی بپردازند. ازین رو در تحقیق حاضر اثر تمرین در زمان‌های مختلف روز بر فاکتورهای رتولوژیکی خون بررسی شده است.

روش پژوهش

روش تحقیق و جامعه آماری

روش تحقیق حاضر از نوع نیمه تجربی^{۱۵} است. تعداد ۱۵ آزمودنی مرد (سن: 24.7 ± 2.3 سال؛ وزن: 65.2 ± 7.3 کیلوگرم؛ قد: 171.1 ± 10.2 سانتی متر؛ درصد چربی: 13.7 ± 6.7) داوطلبانه در تحقیق حاضر شرکت نمودند. آزمودنی‌ها سالم و فاقد هر گونه بیماری خونی مرتبط با عوامل رتولوژیکی بودند، از یک سال قبل در هیچ نوع فعالیت ورزشی منظمی شرکت نکرده بودند و همین طور تحت درمان یا مصرف دارویی خاص نبودند. وضعیت سلامت و فعالیت بدنی آزمودنی‌ها توسط پرسشنامه و در ابتدای تحقیق مشخص شده بود.

طرح تحقیق

در این تحقیق آزمودنی‌ها چهار فعالیت مشابه بر روی دوچرخه کارسج را در چهار زمان مختلف روز (ساعات ۰۸:۰۰، ۱۲:۰۰، ۱۶:۰۰، ۲۰:۰۰) به

17. Heartmann Tensoval

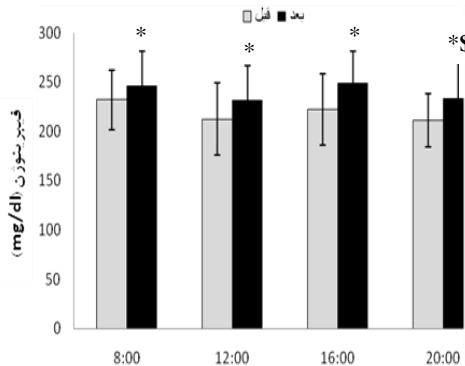
18. RUDOLF RIESTER

15. Quasi Experimental Design

۱۶. Rate of perceived exertion



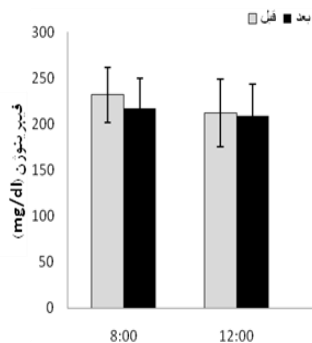
نمودار ۲. میانگین (± انحراف معیار) مقادیر فیبرینوژن پلاسما قبل و بعد از فعالیت در زمان های مختلف روز. علامت * نشان دهنده تفاوت معنی دار بین قبل و بعد از فعالیت و علامت \$ نشان دهنده



تفاوت معنی دار بین پاسخ های به فعالیت در زمان ۰۸:۰۰ و ۲۰:۰۰ می باشد.

نمودار ۳. میانگین (± انحراف معیار) مقادیر فیبرینوژن پلاسما قبل و بعد از فعالیت در زمانهای مختلف روز.

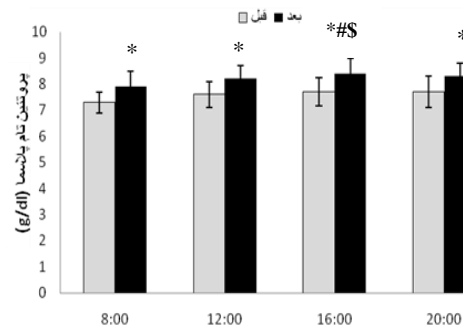
علاوه بر این، آنالیز آماری داده ها نشان داد که بین مقادیر استراحتی دمای



بدن در زمان های مختلف روز تفاوت معنی داری وجود ندارد ($P=0/087$) و $F_{3,33}=2/6$ ، با این وجود، زمان روز بر پاسخ دمای بدن به فعالیت استقامتی حد تاثیر معنی داری داشت ($P=0/035$ و $F_{3,33}=3/6$) و بین پاسخ دمای بدن به فعالیت استقامتی حد در ساعات ۰۸:۰۰ و ۱۲:۰۰ تفاوت معنی داری مشاهده شد ($P=0/008$).

جدول ۱. داده های قبل و بعد ویسکوزیته خون و پلاسما (ساتی پواز) در گرادیان سرعت ۱۲ و ۶۰، هماتوکریت (%، تعداد گلبول های قرمز (RBC) ($\times 10^{12}$ در لیتر)، میزان رسوب گلبول های

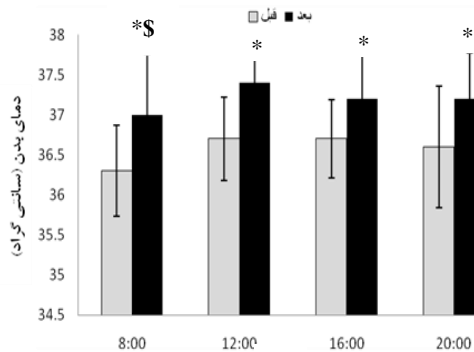
تجزیه و تحلیل آماری داده ها نشان داد که زمان روز بر پاسخ پروتئین تام به فعالیت حد استقامتی تاثیر معنی داری دارد ($F_{3,33}=4$ و $P=0/014$) و بین پاسخ پروتئین تام به فعالیت استقامتی وامانده ساز در ساعات ۰۸:۰۰ و ۱۶:۰۰ تفاوت معنی داری مشاهده شد ($P=0/033$). همچنین نتایج نشان دادند که فعالیت استقامتی صرف نظر از زمان روز باعث افزایش معنی دار پروتئین تام گردید ($F_{1,14}=10.3$ و $P=0/000$). با این حال، آنالیز آماری داده ها تعامل معنی داری بین زمان روز و تاثیر فعالیت استقامتی بر پروتئین تام را نشان نداد ($F_{3,33}=0/538$ و $P=0/629$) (نمودار ۱).



نمودار ۱. میانگین (± انحراف معیار) مقادیر پروتئین تام قبل و بعد از ورزش در زمان های مختلف روز. علامت * نشان دهنده تفاوت معنی دار بین قبل و بعد و علامت \$ نشان دهنده تفاوت معنی دار بین پاسخ های به فعالیت استقامتی در زمان های ۰۸:۰۰ و ۱۶:۰۰ و علامت # تفاوت معنی دار پروتئین تام استراحتی بین زمان های ۰۸:۰۰ و ۱۶:۰۰ را نشان می باشد.

همچنین آنالیز آماری داده ها نشان داد که بین مقادیر استراحتی فیبرینوژن در زمان های ۰۸:۰۰، ۱۲:۰۰، ۱۶:۰۰ و ۲۰:۰۰ تفاوت معنی داری وجود ندارد ($P=0/085$) و $F_{3,33}=2/4$ ، با این وجود، زمان روز بر پاسخ فیبرینوژن به فعالیت حد استقامتی تاثیر معنی داری داشت ($F_{3,33}=3$ و $P=0/040$) و بین پاسخ فیبرینوژن به فعالیت استقامتی حد در ساعات ۰۸:۰۰ و ۲۰:۰۰ تفاوت معنی داری مشاهده شد ($P=0/026$). همچنین نتایج نشان دادند که فعالیت استقامتی صرف نظر از زمان روز باعث افزایش معنی دار غلظت فیبرینوژن گردید ($F_{1,14}=37$ و $P=0/000$). از طرف دیگر، آنالیز آماری داده ها تعامل معنی داری بین زمان روز و تاثیر فعالیت استقامتی بر غلظت فیبرینوژن را نشان نداد ($F_{3,33}=0/58$ و $P=0/627$) (نمودار ۲). از سویی دیگر، بعد از تصحیح نمودن داده ها برای تغییرات حجم پلاسما، نتایج نشان داد که بین مقادیر استراحتی فیبرینوژن و همچنین بین پاسخ های آن در زمان های مختلف روز به فعالیت ورزشی تفاوت معنی داری وجود ندارد ($F_{3,33}=2/4$ و $P=0/085$) (نمودار ۳).

نمودار ۴. میانگین (± انحراف معیار) مقادیر دمای بدن قبل و بعد از فعالیت در زمانهای مختلف روز. علامت * نشان دهنده تفاوت معنی دار بین قبل و بعد از فعالیت می باشد و، علامت \$ نشان



دهنده تفاوت معنی دار بین پاسخ های به فعالیت در زمان ۰۸:۰۰ و ۱۲:۰۰ می باشد.

همچنین نتایج نشان دادند که فعالیت استقامتی صرف نظر از زمان روز باعث افزایش معنی دار دمای بدن می گردد ($F_{1,91}=44/9$ و $P=0/000$). از طرف دیگر، آنالیز آماری داده‌ها تعامل معنی داری بین زمان روز و تاثیر فعالیت استقامتی بر دمای بدن را نشان نداد ($F_{3,343}=0/365$ و $P=0/778$) (نمودار ۴).

به علاوه همانطور که در جدول ۱ مشاهده می شود متغیرهای ویسکوزیته خون در گرادیان سرعت ۱۲ و ۶۰ ویسکوزیته پلاسما در گرادیان سرعت ۱۲ و ۶۰ هماتوکریت، تعداد گلبول های قرمز خون (RBC) و میزان رسوب گلبول های قرمز (ESR) در زمان های مختلف روز در پاسخ به فعالیت استقامتی وامانده ساز تغییر معنی داری داشتند ($P<0/05$) با این وجود زمان روز تاثیری بر پاسخ های این متغیرها به فعالیت ورزشی نداشت.

بحث

در تحقیق حاضر دما در چهار زمان ۰۸:۰۰، ۱۲:۰۰، ۱۶:۰۰ و ۲۰:۰۰ اندازه گیری شد که این زمان ها نماینده صبح، ظهر، اوایل و اواخر بعد از ظهر بودند تا تناوب زمانی کافی برای نشان دادن تغییرات روزانه بکار گرفته شود (۲۸). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تفاوت معنی داری بین دمای بدن در پاسخ به تمرین در زمان های مختلف روز (بین ساعات ۰۸:۰۰ و ۱۲:۰۰) وجود دارد. این نتایج با یافته های گیاکومونی^{۳۱} و همکاران (۱۹۹۹) همخوانی دارد. در این تحقیق (۲۹) دمای بدن در پاسخ به تمرین

قرمز (ESR) (mm/h)، ضربان قلب (b/m) و میانگین فشار شریانی (MAP) (mmHg) و تغییرات حجم پلاسما (SV) (%) در زمان های مختلف روز. علامت * نشان دهنده تفاوت معنی دار بین قبل و بعد فعالیت ورزشی می باشد.

P	۲۰:۰۰		۱۶:۰۰		۱۲:۰۰		۰۸:۰۰		متغیر
	بعد	قبل	بعد	قبل	بعد	قبل	بعد	قبل	
*	۳۸۱۰/۱۸	۳۸۵۰/۱۵	۳۸۵۰/۱۸	۳۸۰۰/۱۸	۳۸۱۰/۱۸	۳۸۵۰/۱۵	۳۸۵۰/۱۸	۳۸۰۰/۱۵	ویسکوزیته خون (۱۲)
*	۳۸۷۰/۱۵	۳۸۵۰/۱۵	۳۸۰۰/۱۵	۳۸۵۰/۱۵	۳۸۶۰/۱۵	۳۸۵۰/۱۵	۳۸۶۰/۱۵	۳۸۵۰/۱۵	ویسکوزیته خون (۶۰)
*	۳۸۰۰/۱۸	۳۸۰۰/۱۸	۳۸۰۰/۱۸	۳۸۰۰/۱۸	۳۸۰۰/۱۸	۳۸۰۰/۱۸	۳۸۰۰/۱۸	۳۸۰۰/۱۸	ویسکوزیته پلاسما (۱۲)
*	۳۸۰۰/۱۸	۳۸۰۰/۱۸	۳۸۰۰/۱۸	۳۸۰۰/۱۸	۳۸۰۰/۱۸	۳۸۰۰/۱۸	۳۸۰۰/۱۸	۳۸۰۰/۱۸	ویسکوزیته پلاسما (۶۰)
*	۳۸۱۰/۱۵	۳۸۱۰/۱۵	۳۸۱۰/۱۵	۳۸۱۰/۱۵	۳۸۱۰/۱۵	۳۸۱۰/۱۵	۳۸۱۰/۱۵	۳۸۱۰/۱۵	هماتوکریت
*	۳۸۵۰/۱۵	۳۸۱۰/۱۵	۳۸۵۰/۱۵	۳۸۰۰/۱۵	۳۸۵۰/۱۵	۳۸۰۰/۱۵	۳۸۵۰/۱۵	۳۸۱۰/۱۵	RBC
*	۳۸۱۰/۱۸	۳۸۰۰/۱۸	۳۸۱۰/۱۸	۳۸۱۰/۱۸	۳۸۱۰/۱۸	۳۸۱۰/۱۸	۳۸۱۰/۱۸	۳۸۱۰/۱۸	ESR
*	۳۸۱۰/۱۵	۳۸۱۰/۱۵	۳۸۱۰/۱۵	۳۸۱۰/۱۵	۳۸۱۰/۱۵	۳۸۱۰/۱۵	۳۸۱۰/۱۵	۳۸۱۰/۱۵	HR
	۳۸۱۰/۱۵	۳۸۱۰/۱۵	۳۸۱۰/۱۵	۳۸۱۰/۱۵	۳۸۱۰/۱۵	۳۸۱۰/۱۵	۳۸۱۰/۱۵	۳۸۱۰/۱۵	MAP
	۳۸۱۰/۱۵	۳۸۱۰/۱۵	۳۸۱۰/۱۵	۳۸۱۰/۱۵	۳۸۱۰/۱۵	۳۸۱۰/۱۵	۳۸۱۰/۱۵	۳۸۱۰/۱۵	SV



در تحقیقی که به بررسی تاثیر زمان روز بر تغییرات حجم پلاسما در طول ورزش پرداخته است، کاهش بیشتر حجم پلاسما در ساعت ۱۶:۰۰ نسبت به ۰۴:۰۰ به دنبال ورزش با شدت ۶۰ درصد حداکثر اکسیژن مصرفی به مدت ۳۰ دقیقه گزارش کرده است (۳۶). در تحقیق حاضر، ورزش منجر به تغییرات مشابهی در حجم پلاسما طی ورزش در زمان‌های مختلف روز شد. تغییر در حجم پلاسما به دنبال فعالیت بدنی احتمالاً می‌تواند به عواملی از قبیل افزایش فشار خون در اثر فعالیت، سوخت و ساز هوازی حاکم در فعالیت استقامتی و متعاقباً افزایش متابولیتهای حاصل از فعالیت استقامتی در عضلات فعال و انتقال مایعات از دیواره‌های عروق به بافت عضلانی و فضای بین سلولی برای تعادل اسمزی و تعریق متعاقب تنظیم دمای بدن نسبت داده شود (۳۷).

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که فعالیت استقامتی صرف نظر از زمان روز باعث افزایش معنی‌دار ویسکوزیته پلاسما و خون گردید. با توجه به ارتباط ویسکوزیته خون با هماتوکریت و تعداد گلبول‌های قرمز (۳۸) و همچنین با توجه به اینکه ویسکوزیته پلاسما یکی از تعیین‌کننده‌های اصلی ویسکوزیته خون است به طوری که اگر همه فاکتورهای دیگر ثابت بمانند، افزایش در ویسکوزیته پلاسما منجر به افزایش معنی‌دار ویسکوزیته خون می‌شود (۳۹)، این افزایش در ویسکوزیته خون منطقی به نظر می‌رسد چرا که در تحقیق حاضر تمام این فاکتورها در نتیجه فعالیت استقامتی افزایش معنی‌داری داشتند. همچنین نتایج تحقیق حاضر نشان داد که زمان روز تاثیر معنی‌داری بر ویسکوزیته خون ندارد و تاثیر معنی‌داری بر ویسکوزیته پلاسما در پاسخ به تمرین تنها در گرادیان سرعت ۶۰ دارد که در صبح نسبت به بعد از ظهر بالاتر بود. ویسکوزیته پلاسما در پاسخ به تمرین استقامتی در ساعت ۰۸:۰۰ بالاتر بود. کاهش شبانه در حجم پلاسما بوسیله عواملی نظیر خوابیدن (در حالی که آبی نوشیده نشود)، کاهش آب از طریق تبخیر تنفسی، تعریق طبیعی و تشکیل ادرار توجیه می‌شود که در نتیجه ویسکوزیته پلاسما صبحگاهی بالاتر را منجر می‌شود (۴۰). همچنین بر اساس تعامل معنی‌دار بین زمان روز و فشار برشی، محققان پیشنهاد کردند که فاکتورهای دیگر نظیر غلظت پلاسمایی پروتئین‌ها در تغییرات شبانه روزی ویسکوزیته پلاسما و خون نقش دارند (۴۱). ویسکوزیته پلاسما و هماتوکریت تعیین‌کننده‌های اصلی ویسکوزیته خون و تغییرات در ویسکوزیته پلاسما به غلظت فیبرینوژن و پروتئین‌های پلاسما بستگی دارد. بنابراین غلظت بالاتر ویسکوزیته پلاسما در ساعت ۰۸:۰۰ می‌تواند به غلظت استراحتی بالاتر فیبرینوژن پلاسما در این زمان از روز قابل نسبت باشد، اگرچه که این نتایج معنی‌دار نبودند. توجه دیگر برای این تغییر، می‌تواند خروج آب از سیستم عروق محیطی در نتیجه تغلیظ خون شبانه باشد (۱۹). همچنین گزارش شده است که غلظت پروتئین‌های پلاسما

زیربیشینه در ساعات ۰۸:۰۰، ۱۳:۰۰ و ۱۷:۰۰ اندازه‌گیری شد و مشاهده شد که دما از ۸ صبح و با گذشت زمان افزایش پیدا کرد و در ظهر (۱۳) بیشتر از ۸ صبح بود. در همین رابطه تحقیقات نشان داده‌اند که ملاتونین هورمونی است که توسط غده صنوبری ترشح شده و ترشح آن به طور خیلی نزدیک با ریتم دمای مرکزی بدن ارتباط دارد (۳۰). ترشح این هورمون با دمای مرکزی بدن رابطه معکوس دارد به طوری که در موقع شب که دمای مرکزی بدن افت می‌کند ترشح این هورمون افزایش و در موقع روز که دمای مرکزی بدن بالا می‌رود ترشح این هورمون کاهش می‌یابد (۳۱).

همچنین نتایج تحقیق حاضر نشان دادند که زمان روز بر مقادیر استراحتی دمای گوش تاثیر معنی‌داری ندارد. این یافته با برخی از تحقیقات گذشته مغایر بود (۲۶، ۳۲). اختلاف بین این یافته و مطالعات قبلی ممکن است ناشی از تفاوت در روش‌های اندازه‌گیری به کار گرفته شده (دمای مقعدی، دمای روده‌ای، دمای پوستی) برای اندازه‌گیری دمای بدن باشد، چرا که در تحقیق حاضر دمای بدن از طریق گوش اندازه‌گیری شد، درحالی‌که در مطالعات فوق دمای مقعدی و در بیشتر از ۴ زمان روز اندازه‌گیری شده‌اند.

ضربان قلب تفاوت معنی‌داری در حالت استراحت و در پاسخ به تمرین در زمان‌های مختلف نشان نداد. این یافته‌ها با نتایج مارتین^{۲۲} و همکاران (۲۰۰۱) همسو بود. آن‌ها گزارش کرده بودند که تفاوت معنی‌داری بین ضربان قلب در حالت استراحت و در پاسخ به ۳۰ دقیقه دویدن (در سطح آستانه لاکتات) در صبح (۰۷:۰۰-۰۹:۰۰) و در بعدازظهر (۱۸:۰۰-۲۱:۰۰) وجود ندارد (۳۳). به طور مشابه دسجینس^{۳۳} و همکاران (۱۹۹۸) گزارش کردند که ضربان قلب تحت تاثیر زمان روز در حالت استراحت و یا در طول ورزش بیشینه و زیر بیشینه قرار نمی‌گیرد (۲۶). با این وجود، این یافته‌ها و یافته‌های تحقیق حاضر با نتایج برخی تحقیقات که یک ریتم پیوسته از ضربان قلب در طول ورزش را بیان کردند (۳۴)، مغایر بود. همچنین مشابه با ضربان قلب، فشار خون (میانگین فشار شریانی) نیز تحت تاثیر زمان روز در حالت استراحت و در پاسخ به تمرین استقامتی قرار نداشت. همسو با نتایج تحقیق حاضر گزارش شده است که هم فشار خون سیستولیک و هم فشار خون دیاستولیک در پاسخ به فعالیت بدنی، تحت تاثیر زمان روز نیستند (۳۴). ضربان قلب و فشار خون به شدت تحت تاثیر فاکتورهای برون زاد نظیر خواب، پوسچر، فعالیت بدنی و غذا می‌باشند (۳۵). اگرچه از آزمودنی‌ها خواسته شده بود تا رژیم غذایی و فعالیت خود را کنترل کنند و از آنجایی که آزمودنی‌ها در شب قبل از آزمون در آزمایشگاه نمی‌خوابیدند، میزان ارتباط این فاکتورها با این نتایج نامشخص است.

پلاسما بالاتر (۳۰) در صبح را گزارش کرده اند، مغایر است. تغلیظ خون ناشی از تمرین به عنوان مکانیسم مسئول اصلی برای افزایش فیبرینوژن پلاسما شناخته می شود (۳۹). یافته های ما نشان دادند که افزایش معنی دار در غلظت فیبرینوژن ناشی از این مکانیسم بود چرا که وقتی داده های خام برای تغییرات حجم پلاسما تصحیح شدند، این افزایش ناپدید شد. نتایج تحقیق حاضر موافق با تعدادی از تحقیقات در این زمینه (۴۸) و مغایر با نتایج تحقیقاتی دیگر (۴۹) می باشد که افزایش در مقادیر فیبرینوژن را گزارش نموده اند. این در حالی است که گزارشی نیز در دسترس می باشد که نشان داده اند که مقادیر فیبرینوژن پس از فعالیت ورزشی شدید کاهش می یابد (۵۰). با این حال مواردی از قبیل عبور فیبرینوژن از عروق خونی به فضای بین سلولی در اثر فعالیت اسمزی و یا افزایش تشکیل فیبرین مطرح می باشد و بنابراین واضح نیست که آیا فعالیت ورزشی سبب افزایش فیبرینوژن پلاسما از طریق رهایی آن از سلول های کبدی می شود و یا در اثر تغلیظ خون این افزایش مشاهده می شود (۱۹). البته این احتمال نیز وجود دارد که تغییرات فیبرینوژن به نوع فعالیت ورزشی بستگی داشته باشد، سرنکا^{۲۵} و همکاران (۱۹۹۹) نشان دادند که پارونان، دوندگان مارا تن و افراد گروه کنترل سالم پس از فعالیت ورزشی بیشینه افزایش معنی داری را در فیبرینوژن پلاسما نشان دادند و این در حالی بود که تغییر معنی داری در وزنه بردارها دیده نشد (۴۹).

پروتئین های پلاسما نقش مهمی در فیزیولوژی و فارماکولوژی به ویژه در اتصال ملکول های گوناگون نظیر هورمون ها و داروها ایفا می کنند (۳۰). آگاهی از تغییرات روزانه پروتئین های پلاسما و متغیرهای رئولوژیکی دیگر به دلیل اثراشان روی سیالیت خون و همچنین ارتباطشان با بیماری های قلبی - عروقی بسیار مهم است. نتایج تحقیق حاضر نشان می دهد پروتئین تام در پاسخ به تمرین استقامتی تحت تاثیر زمان روز می باشد. این یافته ها با برخی از نتایج مغایر بود که پیشنهاد کرده است تغییرات معنی دار در پروتئین تام پلاسما در طول ساعات بیداری ۰۷:۰۰ تا ۲۲:۰۰ وجود ندارد (۵۱) ولی با یافته های تویتو^{۲۶} و همکاران (۲۰۱۲) که بیان کرده بودند پروتئین تام تحت تاثیر زمان روز قرار می گیرد (۳۰)، همسو می باشد. تاثیر زمان روز بر پروتئین تام می تواند به تغلیظ خون ناشی از افزایش فعالیت و مکانیسم های تنظیمی هورمونی، مرتبط باشد (۳۹). نکته دیگر اینکه رژیم غذایی قبل از آزمون تاثیر قابل ملاحظه ای بر سطوح پروتئین تام دارد و با توجه به اینکه در این تحقیق از آزمودنی ها خواسته شده بود تا حداقل ۴ ساعت قبل از هر آزمون چیزی بجز آب نخورند و با توجه به اینکه بالاترین سطح پروتئین تام در ساعت ۱۶:۰۰ و کمترین سطح در ساعت ۰۸:۰۰ مشاهده گردیده شده است، ممکن است آزمودنی ها در کمتر از ۴ ساعت مانده به آزمون ساعت ۱۶:۰۰ ناهار خورده باشند، چراکه امکان

به طور قابل توجهی حدود ساعت ۰۴:۰۰ در مردان جوان سالم کاهش می یابد و اندکی پس از بیداری در حدود ساعت ۰۸:۰۰ به اوج خود می رسند (۲۵). این گزارش ها پیشنهاد می کنند که افزایش صبحگاهی در تعیین کننده های رئولوژی خون ناشی از تغلیظ خون شبانه و مکانیسم های تنظیمی هورمونی می باشد (۲۵، ۴۱). افزایش در ویسکوزیته پلاسما و خون به دنبال تمرین استقامتی همسو با مطالعات قبلی می باشد (۴۲).

افزایش RBC و هماتوکریت به دنبال تمرین استقامتی در تحقیق حاضر همسو با برخی از تحقیقات قبلی بود (۴۳). این افزایش ها ممکن است ناشی از هر دو عوامل تغلیظ خون ناشی از تمرین و یا افزایش آزاد سازی گلبول های قرمز و جوان در پاسخ به تمرین باشد. در این زمینه تحقیقاتی نیز وجود دارند که افزایش RBC، هماتوکریت و ویسکوزیته پلاسما و خون را ناشی از تغلیظ خون دانسته اند (۴۴). تغلیظ خون را ساز و کار اصلی افزایش هماتوکریت و ویسکوزیته پلاسما پیشنهاد نموده اند (۴۵). البته رهایی گلبول های قرمز خون جوان از طحال (۴۶)، جدایی از دیواره های عروق خونی (۴۷) نیز می تواند در افزایش هماتوکریت تاثیرگذار باشد. تغییرات روزانه در RBC، غلظت هموگلوبین و هماتوکریت در افراد سالم گزارش شده است (۴۱). غلظت های بالاتر این متغیرها در صبح به تغلیظ خون شبانه ای نسبت داده شده است (۴۰، ۴۱). با این وجود، یافته های ما تغییرات روزانه در غلظت های استراحتی این پارامترها را نشان نداد. در نتیجه افزایش فعالیت در طول روز، مابعد از سیستم عروق محیطی خارج می شود و در عوض اجزای خونی افزایش می یابند. این امر به وسیله مقایسه کردن نمودار ریتم شبانه روزی ویسکوزیته خون و فعالیت تایید می شود (۳۵). مطالعات قبلی که به بررسی ریتم های شبانه روزی پارامترهای خونی در پاسخ به تمرین پرداخته اند، در بررسی RBC ناموفق بودند اما در عوض روی هماتوکریت و هموگلوبین تمرکز کردند (۳۸). این مطالعات یک ریتم معنی دار در هموگلوبین و هماتوکریت در طول تمرین بیشینه و زیربیشینه گزارش کردند. در تحقیق حاضر مشابه با مقادیر استراحتی، زمان روز تاثیر معنی داری بر RBC، غلظت هموگلوبین در پاسخ به تمرین استقامتی نداشت. در مقادیر استراحتی متغیرهای رئولوژیکی دیگر شامل هماتوکریت و فیبرینوژن پلاسما تغییرات روزانه مشاهده نشد. این یافته ها با نتایج نویلی^{۲۴} و همکاران (۲۰۰۰) که ویسکوزیته خون، هماتوکریت و غلظت فیبرینوژن پلاسما را در ساعات ۰۷:۰۰-۰۸:۰۰ و ۲۱:۰۰-۲۲:۰۰ در افراد بیمار و سالم بررسی کرده بودند و هیچ گونه تغییرات روزانه ای در افراد سالم مشاهده نکرده بودند (۲۴) همسو بود، البته این متغیرها در ساعات صبح در آزمودنی های بیمار افزایش نشان داده بود. با این وجود، یافته های نویلی (۲۰۰۰) و تحقیق ما با نتایج برخی از تحقیقاتی که هماتوکریت بالاتر (۴۰)، غلظت فیبرینوژن

راحتی با اتساع عروقی بر طرف می‌شوند (۵۳) لازم به ذکر است که برخی محدودیت‌ها نظیر کنترل دقیق و کامل رژیم غذایی، هیدراتاسیون، خواب، میزان فعالیت بدنی و انگیزه آزمودنی‌ها طی دوره تحقیق وجود داشت که قابل کنترل نبودند و در تحقیقات آتی باید سعی شود که کنترل شوند.

نتیجه‌گیری

به طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که به جزء پروتئین تام، دمای بدن و ویسکوزیته پلاسما در گرادیان سرعت بالا، پاسخ متغیرهای همورئولوژیک به یک جلسه فعالیت استقامتی وامانده ساز ارتباط معنی‌داری با زمان انجام فعالیت ورزشی در طول روز ندارد و افراد سالم احتمالاً می‌توانند بدون نگرانی از وضعیت خونی خود در زمان‌های مختلف روز به فعالیت ورزشی بپردازند.

تشکر و قدردانی

از تمامی آزمودنی‌ها و کسانی که ما را در اجرای این تحقیق یاری رساندند، نهایت تشکر و قدردانی را داریم.

تضاد منافع

نویسندگان این مقاله، هیچ نفع متقابلی از انتشار آن ندارند.

- Cappaert TA. Time of day effect on athletic performance: An update. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 1999;13(4):412-21.
- Chtourou H, Hammouda O, Souissi H, Chamari K, Chaouachi A, Souissi N. Diurnal variations in physical performances related to football in young soccer players. *Asian journal of sports medicine*. 2012;3(3):139.
- Aloui A, Chaouachi A, Chtourou H, Wong DP, Haddad M, Chamari K, et al. Effects of Ramadan on the diurnal variations of repeated-sprint performance. *International journal of sports physiology and performance*. 2013;8(3):254-63.
- Szanto S, Mody T, Gyurcsik Z, Babjak LB, Somogyi V, Barath B, et al. Alterations of Selected Hemorheological and Metabolic Parameters Induced by Physical Activity in Untrained Men and Sportsmen. *Metabolites*. 2021;11(12):870.
- Nader E, Skinner S, Romana M, Fort R, Lemonne N, Guillot N, et al. Blood rheology: key parameters, impact on blood flow, role in sickle cell disease and effects of exercise. *Frontiers in physiology*. 2019:1329.
- Cokelet GR, Meiselman HJB, PRESS HR-COTECTI. Basic aspects of hemorheology. *BIOMEDICAL AND HEALTH RESEARCH-COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES THEN IOS PRESS*. 2007;69:21.

کنترل آزمودنی‌ها بصورت کامل توسط محقق امکان پذیر نبود. همچنین در تحقیق حاضر افزایش معنی‌دار پروتئین تام متعاقب فعالیت استقامتی حاد مشاهده شد که سازوکار احتمالی این وضعیت، اضافه شدن پروتئین‌های جدید به همراه از دست دادن حجم پلاسما یا پدیده تغلیظ خون می‌باشد.

در این تحقیق به بررسی تغییرات میزان رسوب گلبول‌های قرمز خون (از شاخص‌های التهابی) در پاسخ به ورزش در زمان‌های مختلف روز پرداخته شده است. نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد که میزان رسوب گلبول‌های قرمز خون در پاسخ به تمرین استقامتی تحت تاثیر زمان روز نمی‌باشد و ورزش استقامتی صرف نظر از زمان روز باعث کاهش معنی‌دار میزان رسوب گلبول‌های قرمز خون شد. احمدی زاد و السید^{۲۷} (۲۰۰۵) نشان دادند که فعالیت شدید در افراد تمرین نکرده سبب آسیب‌های همورئولوژیکی به طور موقت می‌شود که این وضعیت امکان بروز خطر قلبی-عروقی را پس از فعالیت مقاومتی نشان می‌دهد (۵۲). موافق با این نتایج در تحقیق حاضر مشاهده شد که پاسخ به فعالیت شدید سبب افزایش متغیرهای همورئولوژیکی می‌شود. البته آسیب‌های همورئولوژیکی بوجود آمده پس از فعالیت استقامتی حاد از قبیل افزایش ویسکوزیته خون و هماتوکریت را نمی‌توان کاملاً نشان دهنده خطر به حساب آورد چرا که احتمال بروز چنین تغییراتی در اکثر فعالیت‌های ورزشی وجود دارد و به

Reference

- Gubin D, Weinert D, Rybina S, Danilova L, Solovieva S, Durov A, et al. Activity, sleep and ambient light have a different impact on circadian blood pressure, heart rate and body temperature rhythms. *Chronobiology international*. 2017;34(5):632-49.
- Bollinger T, Schibler U. Circadian rhythms—from genes to physiology and disease. *Swiss medical weekly*. 2014;144(2930).
- Golombek DA, Rosenstein RE. Physiology of circadian entrainment. *Physiological reviews*. 2010;90(3):1063-102.
- Daan S, Colin Pittendrigh, Jürgen Aschoff, and the natural entrainment of circadian systems. *Journal of Biological Rhythms*. 2000;15(3):195-207.
- Weinert D, Waterhouse J. The circadian rhythm of core temperature: effects of physical activity and aging. *Physiology & behavior*. 2007;90(2-3):246-56.
- Reilly T, Atkinson G, Edwards B, Waterhouse J, Farrelly K, Fairhurst E. Diurnal variation in temperature, mental and physical performance, and tasks specifically related to football (soccer). *Chronobiology international*. 2007;24(3):507-19.

hemoglobin, hematocrit, and erythrocyte counts. *Clinical chemistry*. 1986;32(5):801-4.

26. Deschenes MR, Sharma JV, Brittingham KT, Casa DJ, Armstrong LE, Maresh CM. Chronobiological effects on exercise performance and selected physiological responses. *European journal of applied physiology and occupational physiology*. 1998;77(3):249-56.

27. Dill DB, Costill DL. Calculation of percentage changes in volumes of blood, plasma, and red cells in dehydration. *Journal of applied physiology*. 1974;37(2):247-8.

28. Hill D, Cureton K, Collins M, Grisham SJJ, Smith J. Effect of the circadian rhythm in body temperature on oxygen uptake. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 1988;28(3):310-2.

29. Giacomoni M, Bernard T, Gavarry O, Altare S, Falgairette GJE, Joap, physiology o. Diurnal variations in ventilatory and cardiorespiratory responses to submaximal treadmill exercise in females. *European journal of applied physiology and occupational physiology*. 1999;80(6):591-7.

30. Touitou Y, Haus E. *Biologic rhythms in clinical and laboratory medicine*: Springer Science & Business Media; 2012.

31. Atkinson G, Drust B, Reilly T, Waterhouse J. The relevance of melatonin to sports medicine and science. *Sports Medicine*. 2003;33(11):809-31.

32. Reilly T, Atkinson G, Waterhouse JM. *Biological rhythms and exercise*: Oxford University Press; 1997.

33. Martin L, Daggart A, Whyte GJJ, Joss. Comparison of physiological responses to morning and evening submaximal running. *Journal of sports sciences*. 2001;19(12):969-76.

34. Reilly T, Robinson G, Minors DS. Some circulatory responses to exercise at different times of day. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 1984;16:477-82.

35. Ahmadizad S, Bassami MJCh, microcirculation. Interaction effects of time of day and sub-maximal treadmill exercise on the main determinants of blood fluidity. *Clinical hemorheology and microcirculation*. 2010;45(2-4):177-84, {In Persian}.

36. Stephenson LA, Kolka MA, Francesconi R, Gonzalez RRJE, Joap, physiology o. Circadian variations in plasma renin activity, catecholamines and aldosterone during exercise in women. *European journal of applied physiology and occupational physiology*. 1989;58(7):756-64.

37. Yarnell J, Baker IA, Sweetnam PM, Bainton D, O'Brien JR, Whitehead PJ, et al. Fibrinogen, viscosity, and white blood cell count are major risk factors for ischemic heart disease. The Caerphilly and Speedwell collaborative heart disease studies. *Circulation*. 1991;83(3):836-44.

38. Deschenes MR, Sharma JV, Brittingham KT, Casa DJ, Armstrong LE, Maresh CMJE, Joap, et al. Chronobiological effects on exercise performance and selected physiological responses. *European journal of*

13. Cokelet GR, Meiselman HJJB, PRESS HR-COTECTI. Macro-and micro-rheological properties of blood. *Biomedical and Health Research-Commission of the European Communities Then IOS Press*. 2007;69:45.

14. Nemeth N, Peto K, Magyar Z, Klarik Z, Varga G, Oltean M, et al. Hemorheological and microcirculatory factors in liver ischemia-reperfusion injury—An update on pathophysiology, molecular mechanisms and protective strategies. *International Journal of Molecular Sciences*. 2021;22(4):1864.

15. Krüger-Genge A, Sternitzky R, Pindur G, Rampling M, Franke R, Jung FJJoCB. Erythrocyte aggregation in relation to plasma proteins and lipids. *Journal of Cellular Biotechnology*. 2019;5(1):65-70.

16. Uyuklu M, Meiselman HJ, Baskurt OKJCh, microcirculation. Effect of hemoglobin oxygenation level on red blood cell deformability and aggregation parameters. *Clinical hemorheology and microcirculation*. 2009;41(3):179-88.

17. Baskurt OKJB, PRESS HR-COTECTI. Mechanisms of blood rheology alterations. *Biomedical and Health Research-Commission of the European Communities then IOS Press*. 2007;69:170.

18. Lipowsky HHJM. Microvascular rheology and hemodynamics. *Microcirculation*. 2005;12(1):5-15.

19. Brun J-F, Varlet-Marie E, Connes P, Aloulou IJB. Hemorheological alterations related to training and overtraining. *Biorheology*. 2010;47(2):95-115.

20. Brun J-F, Varlet-Marie E, Romain A-J, Guiraudou M, Raynaud de Mauverger EJCH, Microcirculation. Exercise hemorheology: Moving from old simplistic paradigms to a more complex picture. *Clinical Hemorheology and Microcirculation*. 2013;55(1):15-27.

21. Connes P, Simmonds MJ, Brun J-F, Baskurt OKJCh, microcirculation. Exercise hemorheology: classical data, recent findings and unresolved issues. *Clinical hemorheology and microcirculation*. 2013;53(1-2):187-99.

22. Ahmadizad S, Bassami M, Hadian M, Eslamia M. Influences of two high intensity interval exercise protocols on the main determinants of blood fluidity in overweight men. *Clinical hemorheology and microcirculation*. 2016;64(4):827-35, {In Persian}.

23. Muller JE, Stone PH, Turi ZG, Rutherford JD, Czeisler CA, Parker C, et al. Circadian variation in the frequency of onset of acute myocardial infarction. *New England Journal of Medicine*. 1985;313(21):1315-22.

24. Nobili L, Schiavi G, Bozano E, De Carli F, Ferrillo F, Nobili FJCh, et al. Morning increase of whole blood viscosity in obstructive sleep apnea syndrome. *Clinical hemorheology and microcirculation*. 2000;22(1):21-7.

25. Touitou Y, Touitou C, Bogdan A, Reinberg A, Auzéby A, Beck H, et al. Differences between young and elderly subjects in seasonal and circadian variations of total plasma proteins and blood volume as reflected by





haematocrit, plasma protein, erythrocyte sedimentation rate, and blood chloride. *Epidemiology & Infection*. 1947;45(4):455-67.

52. Ahmadizad S, El-Sayed MSJ. The acute effects of resistance exercise on the main determinants of blood rheology. *Journal of sports sciences*. 2005;23(3):243-9, {In Persian}.

53. Brun J-F, Connes P, Varlet-Marie EJS, Sports. Alterations of blood rheology during and after exercise are both consequences and modifiers of body's adaptation to muscular activity. *Science & Sports*. 2007;22(6):251-66.

applied physiology and occupational physiology. 1998;77(3):249-56.

39. El-Sayed MS, Ali N, Ali ZE-SJSM. Haemorheology in exercise and training. *Sports Medicine*. 2005;35(8):649-70.

40. Tochikubo O, Kawano Y, Miyajima E, Toshihiro N, Ishii MJHR. Circadian variation of hemodynamics and baroreflex functions in patients with essential hypertension. *Hypertension Research*. 1997;20(3):157-66.

41. Talan M, Engel BJ. Morning increase in whole blood viscosity: a consequence of a homeostatic nocturnal haemodynamic pattern. *Acta physiologica scandinavica*. 1993;147(2):179-83.

42. Brun J, Micallef J, Orsetti AJCH, Microcirculation. Hemorheologic effects of light prolonged exercise. *Clinical Hemorheology and Microcirculation*. 1994;14(6):807-18.

43. Pellegrini Masini A, Baragli P, Tedeschi D, Lubas G, Martelli F, Gavazza A, et al. Behaviour of mean erythrocyte volume during submaximal treadmill exercise in the horse. *Comparative Haematology International*. 2000;10(1):38-42.

44. Brun JJCh, microcirculation. Hormones, metabolism and body composition as major determinants of blood rheology: potential pathophysiological meaning. *Clinical hemorheology and microcirculation*. 2002;26(2):63-79.

45. Lacombe C, Bucherer C, Lelievre J, Perreaut E, Curty P, Vandewalle HJJdMV. Hemorheologic effects following ergometric-controlled physical exercise. *Journal des Maladies Vasculaires*. 1991;16(3):279-82.

46. Rankinen T, Rauramaa R, Väisänen S, Penttilä I, Saarikoski S, Tuomilehto J, et al. Inverse relationship between physical activity and plasma fibrinogen in postmenopausal women. *Atherosclerosis*. 1993;102(2):181-6.

47. Wosornu D, Allardyce W, Ballantyne D, Tansey PJH. Influence of power and aerobic exercise training on haemostatic factors after coronary artery surgery. *Heart*. 1992;68(8):181-6.

48. De Paz J, Lasiera J, Villa J, Vilades E, Martin-Nuno M, Gonzalez-Gallego JJEjoap, et al. Changes in the fibrinolytic system associated with physical conditioning. *European journal of applied physiology and occupational physiology*. 1992;65(5):388-93.

49. Creneca F, Crocetti G, Gombacci A, Simeone RJJosm, fitness p. Variations in hemostatic parameters after near-maximum exercise and specific tests in athletes. *Journal of sports medicine and physical fitness*. 1999;39(1):31.

50. Prisco D, Paniccia R, Bandinelli B, Fedi S, Cellai AP, Liotta AA, et al. Evaluation of clotting and fibrinolytic activation after protracted physical exercise. *Thrombosis research*. 1998;89(2):73-8.

51. Renbourn EJE, Infection. Variation, diurnal and over longer periods of time, in blood haemoglobin,

